

## Jak szybko stygną ciała? Prawo stygnięcia Newtona

Różnego rodzaju termosów używa się w zimie, by utrzymać jak najdłużej wysoką temperaturę, np. kawy, a w lecie, aby utrzymać chłód napoju.

Jak szybko stygną ciecze w termosie? Zależy to oczywiście od własności termoizolacyjnych termosu. Stygnięciem rządzi tak zwane prawo stygnięcia Newtona. Mówi ono, że proces zachodzi tym szybciej, im większa jest różnica pomiędzy temperaturą  $T$  stygnącego ciała a temperaturą otoczenia  $T_{zew}$ . Czyli, że ciało stygnie szybciej na początku procesu oraz stopniowo coraz wolniej, gdy temperatura ciała zbliża się do temperatury otoczenia. Materiały posiadają zróżnicowane własności izolujące. Wiemy, że gazy źle przewodzą ciepło. Stąd pomysł podwójnych szyb w oknach oraz podwójnych ścianek w termosach. Do izolacji używa się też „nadmuchanego” powietrzem styropianu, a można również stosować „ubranka” puchowe. Powyższe stwierdzenie możemy wyrazić językiem matematyki:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \propto (T - T_{zew}) ,$$

gdzie  $\Delta T$  to zmiana temperatury, a  $\Delta t$  to przyrost (zmiana) czasu.

Jeśli wprowadzimy współczynnik proporcjonalności  $k$ , stanowiący o własnościach materiału izolującego, to otrzymamy

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -k(T - T_{zew})$$

Jeśli  $k$  jest małe, to  $\frac{\Delta T}{\Delta t}$  jest małe, co oznacza, że ciało stygnie powoli, jeśli  $k$  jest duże, to ciało stygnie szybko. W postaci różniczkowej, czyli po zamianie  $\Delta T$  i  $\Delta t$  na różniczki  $dT$  i  $dt$ , równanie stygnięcia ma postać

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{zew})$$

Równanie powyższe nosi nazwę równania stygnięcia Newtona. Rozwiązując to równanie otrzymamy zależność temperatury ciała  $T$  od czasu  $t$ .

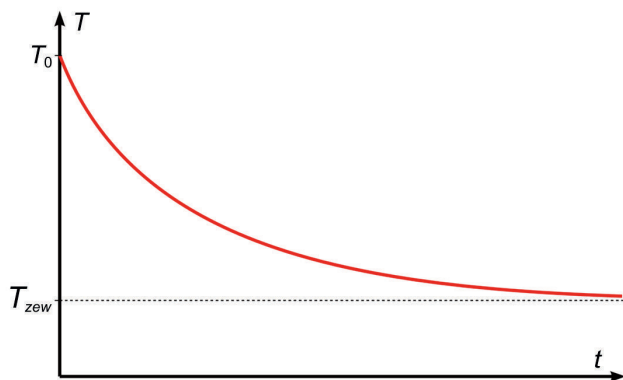
Wykresem tej zależności jest krzywa o równaniu:

$$T = T_{zew} + (T_0 - T_{zew}) \exp(-kt)$$

( $T_0$  oznacza temperaturę ciała w chwili początkowej,  $T_{zew}$  temperaturę otoczenia), przedstawiona na rysunku.

Zakładamy, że ucieczka ciepła z termosu nie powoduje wzrostu temperatury otoczenia. Otoczenie jest bardzo duże i ma ogromną pojemność cieplną.





Dokonując pomiarów temperatury  $T$  stygnącej substancji w funkcji czasu  $t$ , można wyznaczyć współczynnik  $k$ .

Zachęcamy do lektury bloga Kamili Zdybał, która zbadała własności izolacyjne różnych termosów.

Z.G-M